

11.Рыбка В.Г. Планирование берегозащитных мероприятий / Рыбка В.Г. // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов», 20-25 июля 2009 г. – Новосибирск, 2009. – С.49-59.

12.Рябкова О.И. Опыт создания искусственных пляжей на Калининградском побережье Балтийского моря / Рябкова О.И. // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов», 20-25 июля 2009 г. – Новосибирск, 2009. – С. 42-48.

13.Секурова З.А. Многофункциональный искусственный остров в прибрежной зоне г.Сочи / Секурова З.А. // Тез. докл. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов», 20-25 июля 2009 г. – Новосибирск, 2009. – С.60-65.

14.Сидорова В.В. Проблемы развития приморских пляжей Крыма / Сидорова В.В. // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. зб. Вип.24. – К.: КНУБА, 2010. – С.214-221.

Получено 13.04.2011

УДК 72.01

СИМОН ТАДРОС, канд. искусствоведения

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

## **ФРАКТАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Рассматривается фрактальная геометрия как основа формального поиска повышения информативности архитектурных объектов.

Розглядається фрактальна геометрія як основа формального пошуку підвищення інформативності архітектурних об'єктів.

The fractale geometry as a basis of formal search of increase informativeness architectural objects is considered.

*Ключевые слова:* архитектура, фрактал, геометрия.

Появление новых строительных материалов и методов конструктивного расчета сложных систем привели архитекторов современности к проблеме формального поиска в областях, ранее недоступных. Цифровые технологии презентации и расчета вывели данный поиск в область фрактальной геометрии, позволив визуализировать столь сложные построения, что только фантазия и графика не способны в полной мере удовлетворить потребности проектировщика. В то же время, в силу ряда причин психофизиологического свойства, фрактальность в архитектуре часто воспринимается как положительный фактор, позволяя добиваться существенного эстетического эффекта.

В статье использовались и анализировались работы в области теории архитектуры и теории фракталов Ч.Дженкса [1], И.Добрициной

[2], К.Бовилла [3], Б.Мандельброта [4], Р.Блюменфельда [5], А.Волошинова [6], Х.-О.Пайтгена [7]. Анализ данных работ позволяет рассмотреть фрактальную геометрию как средство повышения морфологической информативности архитектурных объектов.

Работа выполнена как часть общего направления исследований (тема: “Інформаційні дослідження емоційно оцінних характеристик архітектурної форми”, РК №0102U001358); по программе кафедры изобразительного и декоративного искусства при Харьковском государственном техническом университете строительства и архитектуры.

Целью исследования является анализ методов фрактальной геометрии в применении к исследованию формы в современной архитектуре.

Современные исследования в различных отраслях науки потребовали более качественного представления объектов и процессов, необоснованного упрощения их структуры криволинейных поверхностей. Конец XX ст. ознаменовался не только открытием поразительно красивых и бесконечно разнообразных структур, названных фракталами, но и осознанием фрактального характера геометрии природы.

Как наглядно продемонстрировать свойства фрактальных структур на рабочем столе с помощью простых интерактивных моделей и одновременно на экране монитора? Например для того, чтобы отчетливо представить себе, что произойдет с нитью, если ее многократно скручивать как молекулу ДНК, нашего воображения порой не хватает и приходится прибегать к действиям. Подлинное пространственное понимание приходит только в процессе изготовления моделей. Эстетическая привлекательность фрактальных структур столь велика, что давно назрела потребность разобраться не только в закономерностях красоты фракталов, но и поставить вопрос о фрактальном характере современного искусства. Элементы фрактального формообразования можно обнаружить в ажурной стальной башне В.Г.Шухова и в экспериментальных конструкциях А.Родченко, собранных из стандартных элементов, в рисунках на тканях и обоях, в череде окон и решёток, в сетях и коммуникациях современного города.

Появление новых строительных материалов и методов конструктивного расчета сложных систем привели архитекторов современности к проблеме формального поиска в областях, ранее недоступных. Цифровые технологии презентации и расчета вывели данный поиск в область фрактальной геометрии, позволив визуализировать столь сложные построения, что только фантазия и графика не способны в полной мере удовлетворить потребности проектировщика. В то же время, в силу ряда причин психофизиологического свойства фрактальность в

архитектуре часто воспринимается как положительный фактор, позволяя добиваться существенного эстетического эффекта. Следует учитывать, также, что фрактальность в архитектуре и искусстве не является открытием дня сегодняшнего. Фракталами, пусть и в весьма примитивной форме, пользовались мастера с древнейших времен. Особо следует отметить графиков и архитекторов исламского мира, достигших в орнаментальном украшении храмов поразительных результатов как эстетических, так и с точки зрения фрактальной геометрии.

Принципы фракталоподобного формообразования в архитектуре применяются с давних времен, но лишь к концу XX ст., после появления книг Б.Мандельброта, использование фрактальных алгоритмов в архитектурном морфогенезе становится осознанным. Ч.Дженкс [1] описал переход к новой парадигме в архитектуре под влиянием наук о сложных системах, включающих фрактальную геометрию и нелинейную динамику. Несколько ключевых зданий, построенных Ф.Гери (Frank Gehry), П.Эйзенманом (Peter Eisenman) и Д.Либескиндом (Daniel Libeskind), выглядят как первые проявления этой новой архитектурной парадигмы. Современные архитектурные течения, оперирующие образами сложных поверхностей, математически описываемых нелинейными уравнениями, можно условно называть нелинейной архитектурой. Ч.Дженкс [1] и И.А.Добрицина [2] писали о нелинейности и фрактальности архитектуры в общей декларативной форме. Фрактальная геометрия Б.Мандельброта в определенной мере использована для анализа архитектурных форм в книге К.Бовилла [3], единственной к настоящему времени монографии о фракталах в архитектуре, в которой собственно архитектуре посвящена меньшая часть книги. В ряде статей и сайтов Интернета отмечены повторяющиеся в разных масштабах элементы архитектуры готических соборов, стиля барокко, индийских храмов, проведен анализ повторов в классических ордерных формах.

Фрактальная формализация применена К.Бовиллом [3] к рядам строений вдоль улиц и для определения фрактальной размерности некоторых архитектурных сооружений (в том числе Ф.Л.Райта и Ле Корбюзье) методом подсчета квадратов; такой анализ устанавливает эстетическое обоснование оценки архитектурного дизайна, позволяющее дать рекомендации для ухода от мертвящей монотонности стандартной архитектуры. Однако попытки количественным образом связать высокое значение фрактальной размерности (отражающее дробность детализировки) с архитектурной выразительностью не слишком много дают для понимания фрактальных правил построения архитектурных форм. Значение фрактальной размерности может служить лишь фор-

мальной характеристикой пространственной сложности объекта, не учитывающей более важные качественные характеристики. Хотя обычно с фракталами ассоциируется богатство форм, фракталы могут быть и эстетически неинтересны, даже скучны. Напротив, в архитектуре есть сооружения, практически лишенные фрактальных характеристик и при этом весьма выразительные – например, массивные нелинейные формы. Фрактальные возможности архитектурных форм фактически еще не были использованы в полной мере.

Поиск фрактальных образов визуализирующих некоторые архетипы фасадов, планов и трехмерных архитектурных форм с привлечением имитационного компьютерного моделирования поможет создать новый образ, сконструировать его достоверную трехмерную модель и довести ее до стадии выдачи рабочей проектной документации. Объемы расчетов и анализа, проводимые во время проектирования не укладываются ни в какие нормативные границы проектов даже тридцатилетней давности. Фактически использование формального поиска при помощи фрактальной геометрии стало доступным лишь в последние 10-15 лет. Современный научный подход с применением фрактальной геометрии, а также топологии и нелинейной динамики способен выявить здесь множество сходных направлений и решений морфогенеза, включая не раскрытые ранее аспекты формообразования и создание потенциально новых архитектурных форм. Ссылаясь на Б.Мандельброта: «графическое представление – чудесное средство для сопоставления моделей с реальностью» [4], рассмотрим некоторые графические фракталы в качестве архетипов архитектурных фасадов и планов.

Алгоритм Серпинского на первых этапах построения дает прообраз таких культовых сооружений, как ступенчатые пирамиды; вытянутые по вертикали здания подобного архетипа – храмовые и крепостные башни, колокольни. Разумеется, бесконечные повторы какой-либо структуры в архитектуре невозможны, реальная архитектура обычно содержит немногие повторы, поэтому фрактальные модели, имитирующие архитектурные сооружения (или раскрывающие «генетический код» архитектурных объектов), – это протофракталы (термин Б.Мандельброта для фрактальных структур с немногими повторами). Кроме того, в архитектуре, как и в музыке, редко встречаются точные повторы, обычны же вариации темы, образа.

Для силуэта храмов с множеством вертикальных повторяющихся элементов неким метафорическим прообразом может послужить график функции Вейерштрасса – классической фрактальной функции, не имеющей производных ни в одной точке (соответственно на графике нельзя провести касательную ни к одной точке), открытой в конце XIX

ст. Несомненно, архитекторы и строители Миланского и подобных соборов не ведали о функции Вейерштрасса, и мы не утверждаем, что силуэтные линии собора точно следуют графику функции – этот график дает лишь визуальную метафору подобных архитектурных форм.

Множество Кантора – еще один фрактальный алгоритм, пригодный для описания архитектурных форм с симметрично расположенными частями разной высоты, что весьма обычно в архитектуре (простейший архитектурный прием – в средней части здания возвышается уменьшенное подобие всего здания). Фрактальная структура классического множества Кантора дискретна, тогда как в качестве архитектурных прообразов более пригодны связные фракталы, например «салфетка» Серпинского. Соединение дискретных участков множества Кантора дает связный фрактал – прообраз «сталинской высоты» и подобных зданий. Множество Кантора с вариациями лакуарности [5] можно модифицировать простейшим образом, получив, например, графический морфотип, сходный с архитектурными формами индийских храмов. Фрактальный алгоритм построения дискретного множества Кантора сходен с алгоритмом формообразования дихотомически ветвящегося дерева – связного фрактала. Перевернутое дихотомическое дерево – обобщенный «архитектурный код» морфогенеза устремленных вывес культовых сооружений, иерархичность построения которых выражает идею присутствия высших сил.

Морфогенез нелинейных фракталов порождает динамику образов, претерпевающих бесконечные метаморфозы в виртуальном пространстве, с возникновением сложных форм, сходных с биологическими и архитектурными. Архитектурный декор, узоры орнаментов решеток и оград нередко напоминают нелинейные фракталы.

Один из универсальных фрактальных алгоритмов, спиральный, широко распространенный в неживой (от траекторий элементарных частиц до циклонов и галактик) и живой природе (раковины моллюсков, рога копытных, завитки побегов растений), а также в архитектуре и дизайне, дает множество сходных решений морфогенеза. Трехмерная реализация спирального декора в виде параллельных либо раскручивающихся во встречных направлениях и пересекающихся спиралей воплощена главами храма Василия Блаженного. «Храм Василия Блаженного являет собой причудливый фрактал золотого сечения, определяемый по меньшей мере восемью членами ряда золотого сечения» [6]. Аккорды золотых пропорций и других фрактальных соотношений создают архитектурную симфонию этого храма.

Архитекторам известны такие реализации трехмерного спирального алгоритма, как башня Татлина (модель памятника III Интерна-

ционалу) и подобная конструкция спирального завершения здания на Патриарших прудах.

Согласно положениям фрактальной геометрии можно высказать следующее:

1. В мире природы не существует статических состояний. Не существует точек, линий, плоскостей и других объектов фиксированных размерностей. Размерность объекта является, скорее, величиной дробной и нестабильной, изменяющейся в соответствии с законами прогрессий. Она подобна вечно ускользающей величине с течением вечно ускользающего мига настоящего времени. Измерить ее можно лишь гипотетически, представив, например, остановку времени в момент измерения. В этом смысле, размерность объекта – величина, непосредственно связанная с течением времени и в какой-то мере вообще эквивалентна безмерности.

2. Любая форма естественного происхождения является самоподобной, т.е. любая часть целого подобна самому целому и этим обеспечивается его единство. То есть, согласно данной аксиоме фрактальной модели – структурное существование любой вещи обусловлено ее самоподобием или самоорганизацией.

3. Любой процесс или движение в природе имеет прерывистый характер, при котором область разрыва стремится к минимуму, а число разрывов к максимуму. В силу этого, человеческий мозг, склонный по своей природе к абстрагированию, видит во всем плавность и непрерывность.

Говоря о природоподобии форм и фракталов, отметим, что природа обладает не просто большей сложностью, чем неживые объекты, а сложностью совершенно иного уровня. Число различных масштабов длины природных объектов для всех практических целей бесконечно. Красота фракталов сочетает в себе красоту симметричных объектов типа кристаллов; с красотой живых природных объектов, привлекаемых именно своей неправильностью недаром создатели удивительных по красоте и симметрии резных ворот одного из храмов в Киото умышленно нарушили идеальную симметрию своего творения, по мнению одних – чтобы придать ему большую выразительность, по мнению других – чтобы избежать зависти богов.

Фрактальный подход – не панацея, как писал сам Б.Мандельброт, и вовсе не новая эра в истории человечества, а лишь новый, но достаточно эффективный способ анализа, а потенциально – и проектирования архитектурных форм, который может существенно обогатить язык архитектурной теории и практики.

А.Гауди дал новую интерпретацию готических форм в своем со-

боре Святого Семейства (Sagrada Familia) – форм, подобных природным; Гауди ушел от евклидовой геометрии, от симметрии и регулярности. Фракталоподобные формы собора, подобного песчаному замку, представлены хаотическими, нерегулярными фракталами, свойственными природе. Современные представления нелинейной науки порождают новую концепцию соотношения упорядоченности и хаоса как состояния, включающего элементы непредсказуемости, нерегулярности, таинственности, подобные богатству и неповторимости природных форм. Использование концепций нелинейной динамики открывает перспективу корректного анализа соотношения регулярности и нерегулярности, случайности, асимметрии. Эстетика нелинейных форм с элементами случайности формулируется Г.Айленбергом: «Почему все же силуэт изогнутого бурями дерева без листьев на фоне вечернего неба воспринимается как нечто прекрасное, а любой силуэт высокофункционального университетского здания таким не кажется, несмотря на усилия архитектора? ...Наше ощущение прекрасного возникает под влиянием гармонии порядка и беспорядка в объектах природы – тучах, деревьях, горных грядках или кристалликах снега. Их очертания – это динамические процессы, застывшие в физических формах, и определенное чередование порядка и беспорядка характерно для них. В то же время наши промышленные изделия выглядят какими-то окостеневшими из-за полного упорядочения их форм и функций, причем сами изделия тем совершеннее, чем сильнее это упорядочение. Такая полная регулярность не противоречит законам природы, но сейчас мы знаем, что она нетипична даже для весьма «простых» естественных процессов. Наука и эстетика согласны в том, что именно теряется в технических объектах по сравнению с природными – роскошь некоторой нерегулярности, беспорядка и непредсказуемости» [7].

Тенденция органического встраивания сооружений в природное окружение, интеграция природного и антропогенного ландшафта проявляются в подобию линий, поверхностей и форм в архитектуре и дизайне природным формам. Эта тенденция ярко выражена в стиле модерн и «органической» архитектуре. Широко применявшиеся в начале XX ст. в архитектуре модерна пластичные, «текущие», асимметричные, биоморфные линии, поверхности, «струящийся» растительный декор, рельефные изображения голов придают зданиям сходство с живым развивающимся организмом, имитируют нерегулярность природных форм.

Архитектуре конца XX ст. также свойственно использование биоморфных метафор – антропоморфных, зооморфных, фитоморфных, а также пластичных геоморфных форм, как бы вырастающих естест-

венным образом из земли, с органичной интеграцией архитектуры и природного ландшафта. В наше время приходит более глубокое осознание единства природной и антропогенной среды и единства принципов формообразования в «живой» и «неживой» природе, подкрепляемое концепциями нелинейной науки. Современный научный подход может быть успешно применен для поиска архитектуры, адекватной гармонии порядка и хаоса природной среды, архитектуры, которая может стать смысловой доминантой в природном и историческом контексте, духом места (*genius loci*).

Почему человек ощущает себя комфортно во фрактальных структурах, когда действующие на него раздражители варьируются с небольшими отклонениями? По той же причине, по которой попробовать несколько вин в течение ужина приятней, чем весь вечер пить одно и то же. Бесконечное повторение приводит к потере чувствительности, что наглядно демонстрируют проектировщики органи-тек, когда они тиражируют хорошую идею до истощения. Вообразите прекрасный Кансайский аэропорт Ренцо Пиано, с той же самой интересной формой крыла, но вытянутой на целую милю, и это будет скука, возведенная в квадрат. Напротив, архитекторы, использующие принцип фрактальности – Либескинд, ARM, Morphosis – просто освобождают нас от привычных форм, в то время как австралийская группа LAB и Бэйтс Сمارт [Bates Smart] уже пошли дальше этих первых экспериментов и создали на их основе новую архитектурную грамматику. Другую легко опознаваемую группу, использующую фракталы округло-гидродинамических очертаний, недавно в Нью-Йорке окрестили «блбмайстерами» (*blobmeisters* – «капледелы» или «пузыристы»). Этот ярлык имеет несколько значений, далеко не все из которых льстят представителям указанной группы. Прежде всего «блбмайстеры» позаботились о том, чтобы решительно «застолбить участок» для своей темы, что сопровождалось созданием целой «капельной» грамматики и выдвижением ряда эзотерических теорий, основанных на аналогиях с компьютерными алгоритмами – киберпространство, гибридное пространство и цифровая гиперповерхность были здесь ключевыми терминами. Часто «капледелами» становились молодые университетские преподаватели вместе со своими студентами, которых нетрудно было вовлечь в амбициозные войны за «раздел территории». Грег Линн [Greg Lynn], без сомнения, наиболее креативный и интеллигентный представитель этой группы, в серии своих книг настаивал на том, что *blub* – это более развитая форма куба: она способна транслировать большее количество информации, чем примитивная коробка; обладая большим порядком сложности, она, соответственно, обладает и большей потенциальной



чувствительностью.

Однако, эффект этот возникает лишь в том случае, когда грамматика «капли» сопровождается продуманной «фразеологией», т.е. осмысленным образом привязывается к функции. Совсем иное дело, когда бесхитрое складирование геодезических куполов – как это происходит, например, в проекте «Эдем» Николаса Гримшоу – приводит к появлению серии пузырчатых форм, напоминающих известные в геологии «глобулярные кластеры», – весьма эффектных, сочных и почти съедобных с виду. Эти структуры, однако, на поверку могут оказаться довольно негостеприимными и неуклюжими, – организация входа или стыка с землей в них часто остается нерешенной проблемой.

Таким образом, фрактальная живопись, трехмерные фракталы сегодня это модное творческое течение, возникшее благодаря появлению цифровых технологий и новому программному обеспечению. Данное искусство особенно популярно среди математиков и программистов, благодаря тому, что дает возможность для самовыражения людям, имеющим творческий потенциал, но не имеющим соответствующего образования. Однако для архитектора, в первую очередь, это мощный инструмент, позволяющий осмыслить и визуализировать пространства, ранее недоступные в силу своей сложности и масштабности. Как и трехмерное моделирование, породившее дигитальную архитектуру, фрактальная геометрия может стать мощным стимулом развития архитектуры, не подменяя творца, а раскрывая перед ним новые грани познания мира.

1.Дженкс Ч. Новая парадигма в архитектуре // Проект International. – 2003. – №5. – С.98-112.

2.Добрицина И.А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре. – М.: Прогресс-Традиция, 2004. – 416 с.

3.Bovill C. Fractal geometry in architecture and design. Boston; Basel; Berlin: Birkhauser, 1996. – 195 p.

4.Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002. – 856 с.

5.Blumenfeld R., Mandelbrot B.B. Levy dusts, Mittag-Leffler statistics, mass fractal lacunarity, and perceived dimension//Phys. Rev. 1997. Vol. 56, N 1. – P.112-118.

6.Волошинов А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – С.243-248.

7.Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: Мир, 1993. – 176 с.

Получено 25.02.2011